

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-187079

(43)Date of publication of application : 02.07.2002

(51)Int.Cl.

B25J 7/00  
B81B 7/02

(21)Application number : 2000-388700

(71)Applicant : HITACHI LTD  
HITACHI SCI SYST LTD  
NATIONAL INSTITUTE OF  
ADVANCED INDUSTRIAL &  
TECHNOLOGY

(22)Date of filing : 21.12.2000

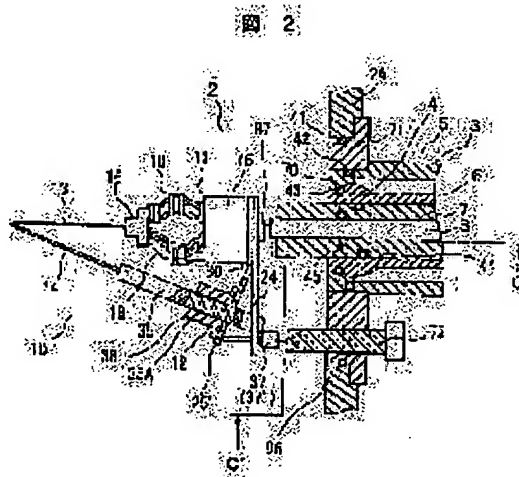
(72)Inventor : UKIANA MOTOHIDE  
MORITA KAZUHIRO  
FUJII KAZUHIRO  
TANIGUCHI YOSHIFUMI  
KOYANAI NORIO  
TANIGAWA TAMIO

## (54) ELECTRON MICROSCOPE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable the performance of a microoperation for an organism specimen under an electron beam in a vacuum of an electron microscope.

**SOLUTION:** This electron microscope is provided with a manipulator 10 capable of carrying out microturning, a micromovement and a micro-open- operation while holding a minute specimen within a vacuum sample cell 2. The manipulator 10 capable of translation is equipped with 3 degrees of freedom. The electron microscope is also provided with a positioning mechanism 5, which makes the manipulator 10 aligned with an optical axis, a needlepoint alignment mechanism 12, which makes the micro-needlepoint-alignment of the manipulator 10 within the sample cell 2 carried out by an external operation with observation through an electron microscope monitor, and a lead wire drawing hole 95, which makes a lead wire for power supply and the detection of an electric signal drawn from the inside of the sample cell 2 to the outside thereof with the maintenance of air tightness. Operation parts of the mechanisms 5 and 12 and the hole 95 are arranged intensively in one flange 71, which is mounted in a mounting hole 96 of a wall part of the sample cell 2 by hermetic sealing.



## LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-187079

(P2002-187079A)

(43) 公開日 平成14年7月2日(2002.7.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル(参考)

B 2 5 J 7/00

B 2 5 J 7/00

3 F 0 6 0

B 8 1 B 7/02

B 8 1 B 7/02

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-389700(P2000-389700)

(22) 出願日 平成12年12月21日(2000.12.21)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000233550

株式会社日立サイエンスシステムズ

茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地

(74) 上記2名の代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所

東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 上記1名の復代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

最終頁に続く

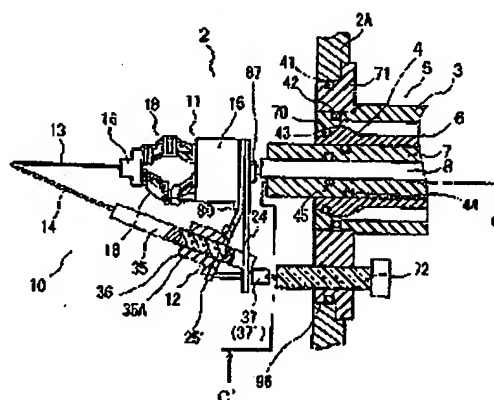
(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】電子顕微鏡の真空中、電子線下で生物試料に微細操作を行えるようにする。

【解決手段】電子顕微鏡の真空の試料室内2で微小試料を掴んで微小な回転、移動、開放動作が可能なマニピュレータ10を備える。マニピュレータ10は並進3自由度型である。マニピュレータ10を光軸に対して位置合わせする位置調整機構5と、試料室内にあるマニピュレータの微小な針先合わせを電子顕微鏡モニタを観察しながら外部から操作する針先合わせ機構12と、電力供給用及び電気信号検出用のリード線を試料室の内から外へ気密性を保持して引き出すリード線引出し孔95とを備え、これらの位置調整機構、針先合わせ機構の操作部及びリード線引出し孔とが一つのフランジ71に集約的に配設され、このフランジが試料室の壁部の取付孔96に気密封止により取り付けられている。

図 2



(2)

特開2002-187079

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子顕微鏡において、真空の試料室内で複数の指片により微小試料を掴んで微小な回動、移動、開放動作が可能なマニピュレータと、前記指片に上記微小な動きをさせるための駆動機構と、前記駆動機構への電力供給用及び電気信号検出用のリード線を試料室の内から外へ気密性を保持して引き出す手段と、前記駆動機構を電気的に制御する制御手段と、試料室外からの操作により前記マニピュレータを光軸に対して位置合わせする位置調整機構と、試料台上に載置された試料からの電子線情報による観察像を表示する表示手段とを備え、前記複数の指片のうちの一つ乃至複数の3自由度の動作が行えるようにしたことを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項2】 前記マニピュレータは、該マニピュレータを試料室外に出してその指片同士を組む針先合わせ操作する第1の針先合わせ機構と、該マニピュレータを試料室内に入れた状態でその指片同士を試料室外から微小の針先合わせ操作する第2の針先合わせ機構とを備えている請求項1記載の電子顕微鏡。

【請求項3】 真空の試料室内で複数の針状指片により微小試料を掴んで微小な回動、移動、開放動作が可能なマニピュレータを備えた電子顕微鏡であり、前記マニピュレータは並進3自由度型であり、前記マニピュレータを光軸に対して位置合わせする位置調整機構と、試料室内にあるマニピュレータの微小な針先合わせを電子顕微鏡モニタを観察しながら外部から操作する針先合わせ機構と、前記マニピュレータを駆動するための電力供給用及び電気信号検出用のリード線を試料室の内から外へ気密性を保持して引き出すリード線引出し孔とを備え、前記位置調整機構、針先合わせ機構の操作部及び前記リード線引出し孔とが一つのフランジに集約的に配設され、このフランジが試料室の壁部の取付孔に気密封止により取り付けられていることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項4】 電子顕微鏡において、真空の試料室内で複数の針状指片により微小試料を掴んで微小な回動、移動、開放動作が可能なマニピュレータと、前記マニピュレータを光軸に対して位置合わせする位置調整機構と、前記マニピュレータの微小な針先合わせを行なう針先合わせ機構と、前記位置調整機構及び前記針先合わせ機構を試料室外から操作する操作部とを備えてなることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項5】 前記マニピュレータは、2本の針状指片よりなり、一方の針状指片が並進3自由度モジュールに支持され、他方の針状指片が傾きを有する板ばねに支持され、この板ばねは、その背面に板ばねの傾き及び傾き方向を微調整する複数の調整ネジが押し当てられ、この調整ネジを試料室壁体を通したネジ回し部材により進退調整可能にし、この板ばね、調整ネジ、ネジ回し部材が前記針先合わせ機構の構成要素をなしている請求項2か

2

ら4のいずれか1項記載の電子顕微鏡。

【請求項6】 前記2本の針状指片は、開き角度がほぼ20°になるように設定してある請求項2から5のいずれか1項記載の電子顕微鏡。

【請求項7】 電子顕微鏡において、真空の試料室内で複数の針状指片により微小試料を掴んで微小な回動、移動、開放動作が可能なマニピュレータを備え、前記マニピュレータは、複数の指片のうちの一つ乃至複数の3自由度の動作が行える並進3自由度モジュールにより駆動されるようにし、

前記並進3自由度モジュールは、指片を取り付けるホルダーと、このホルダーを支持するベース部材と、前記ホルダー、ベース部材の間を連結する回対偶要素及び並進対偶要素を有する三つのリンク機構と、前記リンク機構に駆動力を与えるピエゾ圧電素子とよりなり、このピエゾ素子は、前記ベース部材に保持されて一部が前記リンク機構側に突出し、この突出先端部が前記並進対偶要素のうち前記ベースに対向する面に駆動力を加えるように接していることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項8】 前記ベース部材は、筒形をなし、この筒形ベース部材に軸方向に向けて前記ピエゾ圧電素子を内挿するための孔が形成され、

前記リンク機構は、一対の対偶部材の間を溝内部で連結することにより構成される二つの回転対偶と、一対の対偶部材の両端部間を一対の連結杆部によりそれぞれ溝内部を介して連結して構成される二つの並進対偶を備え、各対偶を一つの平面上に配列させて3自由度の動作行わせる柔軟構造物として構成され、前記一対の並進対偶の間に前記ピエゾ圧電素子の受け面が形成されている請求項7記載の電子顕微鏡。

【請求項9】 前記ベース部材は、前記ピエゾ圧電素子から生じる電界をシールドするように構成されている請求項7又は8記載の電子顕微鏡。

【請求項10】 前記ピエゾ素子は、試料室の壁体を介してアースされたベース部材に内挿されることで電磁シールドされている請求項9記載の電子顕微鏡。

【請求項11】 電子顕微鏡において、真空の試料室内で複数の針状指片により微小試料を掴んで微小な回動、移動、開放動作が可能なマニピュレータを備え、前記マニピュレータは、少なくとも3自由度を有するモジュールにより駆動されるようにし、このモジュールのベースが試料室の壁体にアースされて取り付けられ、該モジュールを駆動するアクチュエータの少なくとも一部を前記ベースに内挿することで、前記アクチュエータから生じる電界をシールドしていることを特徴とする電子顕微鏡。

【請求項12】 前記三つのリンク機構は光造形で加工するか、或いは、ワイヤーカットで加工してなる請求項7または8記載の電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

(3)

特開2002-187079

3

4

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料に対して微細な操作力を加えるマイクロマニピュレータを備えた電子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、走査電子顕微鏡を用いて生物試料(微小試料)を観察する場合、針状の棒を微細操作してその操作力を加えることで、試料の表面を観察だけではなく、内部の組織を表面に引き出して観察をすることが行われている。電子顕微鏡における試料に対する今までの微細操作は、特公昭55-21981号公報に記載のように、試料を割ったり、切り裂くなどの操作であり、微小な試料(例えば細胞等)を掴んだり、移動させる機構を備えていなかった。一方、微小対象物を複数(例えば2本)の指の機能を有するいわゆる指片を微細操作してハンドリングする技術、いわゆるマイクロマニピュレーションは、マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、医療などの分野で、特に光学顕微鏡を使用して行われている。本発明者らは、先に特開平10-138177号において、微細作業では並道3自由度が主たる動作になるという特性を有効に利用して、簡単に高精度な位置決めを行い得る3自由度マイクロマニピュレータを提案している(但し、マイクロマニピュレータのリンク機構を構成する柔軟構造物をどのように製作して小型化するかと、その材質、および、駆動させる機構としてのアクチュエータ配設の具体的提案はされていない)。さらに特開平8-132363号(特許番号第2560262号)等において、指の機能を果たす箸状(針状)の2本の指片(手先片)を備えたマイクロハンド機構(マニピュレータ)を提案している。そして、マニピュレータを駆動させる機構(アクチュエータ)は、12個配設することで提案されアクチュエータ自身が支柱としての役割をしている。この箸状の指片を備えたマイクロハンド機構は、光学顕微鏡下では数 $\mu\text{m}$ 程度の微小物体を把持、持ち上げ、回転、移動、開放することを実現している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来行われていた光学顕微鏡に代わって、更に小さな微小試料(微小対象物)を電子顕微鏡で観察しながら、マイクロマニピュレータを操作できれば、試料をより微細に観察したり、マイクロマシンの組立等の実現も可能になる。このような技術には、上記したような2本指機能を有するマニピュレータを用いることが望ましいが、電子線通路の限られたスペースである真空状態におかれた試料室内では、光学顕微鏡のように単純に大気圧環境の下で試料を観察しながら微細操作を行わせるだけの発想では、その実現を図ることができない。

【0004】例えば、2本指機能を有するマニピュレータを試料室内に導入する場合には、アクチュエータが電気駆動型である場合には、その電源や電気信号の引き出

しリードをどのようにして試料外に引き出すかとか、その他にも、次のような、課題が残されている。

(1)一つは、電子線通路の限られたスペースである真空状態におかれた試料室内に導入するにはまず小型化しなければならない。

(2)二つめは、電気信号を引き出すリード線の本数はできるだけ少なくしてワイヤハーネスの簡略化を図ると共に、リード線からのアウトガスによるコンタミネーションの要因、真空を低下させる要因を少なくしなければならない。

(3)三つめは、箸状の2本の指片の先端合わせが、長さ、間隔が合っていないと、大気中に取り出して再度、光学顕微鏡で位置合わせをやり直さなければならず面倒である。

(4)四つめは、電子顕微鏡は光学顕微鏡と違い高い倍率で観察するので指片先端に振動があるとそれが拡大され焦点が合わなくなる。

(5)五つめは、指片を駆動させる機構(例えばリンク)を電氣的アクチュエータで動作させる場合、そのアクチュエータに電圧を掛けると電界が発生し、電界によって電子線に影響を与え正常な電子線像が得られない。

(6)六つめは、電子顕微鏡は光学顕微鏡と違い焦点深度が深く、箸状の2本の指片の先端を合わせようとしたとき数 $\mu\text{m}$ のZ軸(指片の先端合わせ方向)のずれがあっても、焦点が合ってしまうため、その位置ずれを認識できないことがある。このように指片同士の先端位置合わせが数 $\mu\text{m}$ ずれていては、微小物体を掴むことができない。

本発明は以上の種々の課題を解決して、電子顕微鏡のような真空下、電子線照射の下でもマニピュレータを用いて支障なく、微小対象物を掴んだり、移動させたり、回転させたり、開放動作を行い、今まで以上の微小物の観察や組立等を可能にする電子顕微鏡を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために、基本的には、次のように構成した。

【0006】一つは、電子顕微鏡において、真空の試料室内で複数の指片により微小試料を掴んで微小な回転、移動、開放動作が可能なマニピュレータと、前記指片に上記微小な動きをさせるための駆動機構と、前記駆動機構への電力供給用及び電気信号検出用のリード線を試料室内の内から外へ気密性を保持して引き出す手段と、前記駆動機構を電氣的に制御する制御手段と、試料室外からの操作により前記マニピュレータを光軸に対して位置合わせする位置調整機構と、試料台上に載置された試料からの電子線情報による観察像を表示する表示手段を備え、前記複数の指片の一つ乃至複数で3自由度の動作が行えるようにしたことを特徴とする。

【0007】上記構成によれば、電子顕微鏡の真空下の

(4)

特開2002-187079

5

試料室でのマイクロハンドリングを可能にするほかに、小型化、省配線化を実現して原価低減を図り得る。そのほかにも、上記課題解決のために、電子顕微鏡のマニピュレータにおける指片同士との先端合わせの作業効率の向上、対振動の改善、マニピュレータのアクチュエータから生じる歪みをシールドするための手段を講じるものも、以下の発明の実施の形態で提案する。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に示した実施例を参照して説明する。

【0009】図1は、本発明の一実施例に係る電子顕微鏡（ここでは、走査電子顕微鏡を例示するが透過電子顕微鏡であってもよい）の縦断面図で図2のC-C' 矢視断面図である。図2は図1を矢印A方向からみた一部断面上面図、図3（a）はそれに用いる2本指マイクロハンド機構（マイクロマニピュレータ）10の構成を示す一部断面上面図、同（b）は図3（a）のB方向からみた図である。

【0010】図1において、対物レンズ1の下部にある試料室2は、その隔壁（壁体）2Aにより真空室になり得るように密室状に形成されている。隔壁2Aには、後述するマニピュレータ10を試料室外から光軸に対して位置合わせする位置調整機構5が気密性を保持するように取付けられている。

【0011】位置調整機構5は、取付用フランジ7にシール部材42を介して取付けた外筒3と、その外筒3の内側に球面のすべり対偶70及びシール部材43を介して挿入された内筒6と、内筒6の内側にシール部材44を介して挿入した中空軸7と、中空軸7にシール部材45を介して挿入したマニピュレータ支持軸8を主な構成部材としている。

【0012】内筒6は、その一端に外筒3側の球形内面にすべり対偶70により係合する球形部4があり、このすべり対偶70は隔壁位置にあって、このすべり対偶位置を中心に内筒6がフリーな状態では自在な首振運動を行い得るようにしてある。

【0013】外筒3の一端側（すべり対偶70と反対側の一端）には、マニピュレータ支持軸8をX軸とみた場合に、それと直交するZ軸及びY軸方向に前記内筒6の傾きを固定する傾き調整螺子46、及びその調整螺子を後退移動させたときに内筒6をその後退動作に追従移動させるための戻しばね47a付き押圧ピン47が設けられている。

【0014】この調整螺子46及び押圧ピン47と上記すべり対偶機構により、内筒6ひいてはマニピュレータ10のチルト機構を構成する。

【0015】中空軸7と支持軸8は、溝48及びピン49の係合により相対的に回り止めされている。

【0016】中空軸7は、内筒6の内側を通過して試料室2の外側から内部へと貫通している。

6

【0017】支持軸8は、中空軸7の軸孔を貫通して、その先端部が試料室2内に導かれ、支持軸8先端にマニピュレータ（マイクロハンド機構）10が固着され、支持軸8後端に雌螺子付きのつまみ9が設けられ、このつまみ9の雌螺子に支持軸8後端に設けた雄螺子50が螺子嵌合して、つまみ9の操作により支持軸8の直線運動（進退動作）を可能にしている。

【0018】ここで、2本指のマイクロハンド機構（マニピュレータ）を、図2～図5及び図8、図9を用いて説明する。

【0019】図4（a）（b）は、第1の指片を動作させる3自由度モジュール11を見方を変えて示す立体図であり、そのリンク機構18は、回転対偶及び並進対偶を実現する柔軟構造物からなる。ここでは、リンク機構18、指片のホルダー16及びベース部材15を一体成形してなる。ホルダー16には、指先（ニードル）取付孔17が設けてある。図5（a）は、ベース部材15を断面してマニピュレータ11のベース部材15、リンク機構18、ピエゾ圧電素子34の関係、およびベース部材15と支持軸8の結合関係を示す図、図5（b）は、ベース部材15を反リンク機構側からみた概略説明図である。

【0020】本実施例におけるマニピュレータの基本原理は、先に提案した特開平10-138177号公報に記載されたものと同一であり、また、特開平8-132363号（特許番号第2560262号）と類似しているが、本実施例では、電子顕微鏡に搭載するために、種々の独自の構造的配置がなされている。

【0021】本実施例におけるマニピュレータ10は、2本の針状指片13、14に差の動きに似せた動作を与えるものであり、指片の駆動機構については、第1の指片13には、後述する3自由度モジュール11を用い、第2の指片14には、針先合わせ機構12を用いている。

【0022】第1の指片13は、3自由度モジュール11を介して支持軸8とはほぼ一直線になるように取り付けられ、さらに、第1の指片13と第2指片14とに微小な相対運動を生成せしめ、その開き角度がほぼ20°で最適な相対運動が得られるように配置されている。

【0023】3自由度モジュール11は、指片13を取り付けるホルダー（エンドエフェクタ）16と、このホルダー16を支持するベース部材15と、前記ホルダー16、ベース部材15の間を連結する回り対偶要素及び並進対偶要素を有する三つのリンク機構18と（図2、図3では、作図の視覚的角度よりリンク機構18が2本表わされているが、このリンク機構18は図4に示すように3本ある）、リンク機構18に駆動力を与えるピエゾ圧電素子34よりなる。

【0024】リンク機構18は、120度間隔で配置される。

(5)

特開2002-187079

7

【0025】ピエゾ素子34は、図4、図5に示すように筒形のベース部材15に保持されて一部がリンク機構18側に突出し、この突出先端部が並進対偶要素のうちベースに対向する面33（図5）に圧電力を加えるように接している。

【0026】ここで、リンク機構18の、基本原理解及び構成を図8、図9を参照して説明する。

【0027】電子顕微鏡下の微細作業では、互いに直交する3軸方向の並進3自由度の動作が主要である。

【0028】このような観点から考察すると、リンク要素として、図8に示すように、一対の対偶部材19の間を薄肉部（くびれ部）23で連結することにより回転対偶Rを表現する柔軟構造物や、同図（b）に示すように、一対の対偶部材20の両端部間を一対の連結杆部21によりそれぞれの薄肉部（くびれ部）22を介して連結して、並進対偶Pを表現する柔軟構造物（平行四辺形リンク）を利用するのが有利であり、それらを利用して3自由度の並進運動を表現する機構を構成するのが適切である。

【0029】本実施例では、上記の回転対偶R及び並進対偶Pを組み合わせてリンク機構18を構成するものであり、図9（a）はリンク機構18の上面図、同（b）はリンク機構18の正面図である。

【0030】図9に示すように、リンク機構18は、一対の対偶部材30の間を薄肉部32で連結することにより実現される二つの回転対偶Rと、一対の対偶部材30の両端部間を一対の連結杆部31でそれぞれ薄肉部32を介して連結することにより実現される二つの並進対偶Pとを備えた柔軟構造物により構成されている。

【0031】マニピュレータの駆動源となるアクチュエータ34は、例えばピエゾ圧電素子が用いられる。圧電素子34は、リンク機構18の数に合わせて3個容易される。

【0032】筒形ベース部材15には、軸方向に向けてピエゾ圧電素子34を内挿するための孔84が図4及び図5（b）に示すように120度間隔で配置されている。また、孔84と合わせて圧電素子34のリード線引出し溝85が形成されている。圧電素子34は、上記孔84に内挿され、その一部が既述したようにベース部材15からリンク機構18側に突出して、前記1対の並進対偶Pの間に形成した受け面33により受け止められている。

【0033】リンク機構18は、一対の並進対偶Pのうちベース寄り側のものを図4に示すようにその連結杆部31を平行配置してその間にピエゾ圧電素子34の一部が入るようにしてある。

【0034】3本の圧電素子34を伸縮させたり、その伸縮度合いを制御信号に応じて個別に変化させることにより、リンク機構18の接触部33を押して各対偶を駆動させることができるようになっている。

8

【0035】本実施例の3自由度モジュール11は、図9のRPRP機構を構成するリンク機構18の三つを、ベース部材15とホルダー16との間において、中心軸線の周りに120°の間隔で対称型に配置する。

【0036】3自由度モジュール11は光造形で製作（樹脂製）するか、ワイヤーカットで製作（金属製）するか、どちらかの方法で製作すると、従来に比べ大幅に小型化された柔軟構造物の製作が実現できる。

【0037】既述したように、3つのリンク機構18は、ベース部材15に一体化されており、このベース部材15は可撓性の板25と板形状のベースプレート24を挟んで、支持軸8先端にジョイント87を介して固着されている。ジョイント87は、タップ状のものであり、図5に示すようにベース部材15の一端面中央の螺子孔86に取り付けられ、支持軸8は、一端8'がジョイント87の取り付け孔87'に挿入されて止め螺子88の締付け力により固着されている。

【0038】可撓性の板25のうちベース15から出た部分は、図2、図3に示すように傾斜状に折り曲げられて斜板をなすものであり、この斜板により板25'が形成されている。

【0039】この斜板25'には、雌螺子付きのスクリュウガイド36が固定され、このガイド36の雌螺子に支持軸35に設けた雄螺子35Aが螺子嵌合して支持軸35の直線運動（進退動作）を可能にしている。支持軸35には、第2の針状指片14が図2、図3に示すように第1の針状指片13に対して斜めの角度（ほぼ90度）で取付けられている。

【0040】板ばね25'は、その背面に板ばねの傾き及び傾き方向を微調整する複数の調整螺子（実施例では2本）37、37'が押し当てられている。調整螺子37、37'は、図1、図3に示すように、ベースプレート24に上下2列の平行配置になるように取付けられる。この調整螺子37、37'を、図2に示すように螺子回し部材72により進退調整可能にしてある。螺旋回し部材72は、フランジ71を介して気密を保ちながら試料室壁体2Aに通されている。この板ばね25'、調整螺子37、37'、螺子回し部材72が針先合わせ機構の構成要素をなしている。

【0041】すなわち、調整螺子37、37'を進退調整することで、第2の指片14の先端に全方向の微細な動きが与えられるようになっている。

【0042】上記した並進3自由度モジュール11と上記した針先合わせ機構12により、第1の指片13と第2の指片14のそれぞれの先端間に箭の動きに似せた微小な相対運動を生じさせるものである。

【0043】針先合わせ機構12のうち、上記したスクリュウガイド36及び支持軸35の螺子部35Aが、マニピュレータ10を試料室外に出した状態でその指片13、14同士を組動の針先合わせ操作する機構（第1



(6)

特開2002-187079

9

の針先合わせ機構)をなし、板ばね25'、調整ねじ37、37'、螺子回り部材72が、マニピュレータ10を試料室2内に入れた状態の時にその指片13、14同士を試料室外から微細に針先合わせ操作する機構(第2の針先合わせ機構)をなしている。

【0044】指片13、14の材質は、金属(タングステン)で、その先端はエッチング加工により極細形状になっている。第1の指片13と第2の指片14の材質は表面を導電処理して先端を極細形状としたガラス針でもよい。導電処理することにより、指片13、14をアース処理することが可能になり、それにより指片13、14に電子線が帯電するのを防止できる。

【0045】ベース部材15に設ける3個のアクチュエータ34としては、例えば、積層型のピエゾ圧電素子などを用いることができる。この場合ピエゾ圧電素子に高圧を掛けると電界が発生し電子線に悪い影響を与えるが、ピエゾ圧電素子34をベース部材15でカバーされ、ベース部材15をアースすることで電磁シールドが施されている。

【0046】符号の26は、アクチュエータ34に電圧を供給するリード線や試料の検出信号を導くリード線などを示すものであり、ハーメチック端子27を介して試料室2Aを通して外部に導き出される。リード線引出し孔95は、フランジ71に設けられ、ガラスなどのシール部材94によりリード線引出し孔95が塞がれている。

【0047】マニピュレータの位置調整機構5と、針先合わせ機構の操作部72と、気密封止されたリード線引出し孔95とが、一つのフランジ71に集約的に配設され、このフランジ71が試料室の壁体2Aの取付孔96に気密封止により取り付けられている。

【0048】アクチュエータ34として用いるピエゾ圧電素子は、応答が速く、微小変位と高出力が得られるものの、ヒステリシスが非常に大きく、駆動電圧のみによるオープンループ制御では、正確な位置決めを行うことが困難であるため、変位量を測定してフィードバック制御することが望ましく、この場合には、特に、コンパクトな変位測定手段とサーボ駆動系が要求される。

【0049】このような変位測定手段としては、アクチュエータ34の伸縮方向に歪みゲージを直接貼り付けて(図示は省略してある)、それら圧電素子のサーボ系としては、符号60に示すように計算機を用いたソフトウェアサーボや増幅器を用いたアナログサーボ等を採用することができる。サーボ系制御回路60の指令信号は、図示されないリード線及び既述したハーメチック端子27を介してアクチュエータ(圧電素子)34に送られる。

【0050】試料室の光軸の位置には試料台29が設置されており、試料台29には試料28が載置されている。本実施例ではマニピュレータ10が水平に試料台2

10

9が斜めに配置されているが、これとは逆に試料台が水平状態でマニピュレータ10が斜めになるように配置してもよい。

【0051】次に、このマニピュレータ(2本指マイクロハンド機構)10における制御動作を説明する。

【0052】まず、試料室外にてマニピュレータ10の2本指である第1の指片13と第2の指片14との先端針先を目視で合わせた後、光学顕微鏡で確認して先端の長さをほぼ一致させ、間隔が50 $\mu$ m程度になるように合わせる。

【0053】その後、マニピュレータ10を走査電子顕微鏡の試料室2に挿入し所定の手順を経て電子顕微鏡のモニタ像をモニタ手段(表示手段)を介して映し出し、そのあと、ねじ回り機構72により、調整ねじ37、37'により第1の指片13と第2の指片14との先端同士の針先を合わせる。像を観察しながら、針先合わせを試料室外(真空外)から調整して先端同士の長さを完全に一致させ、さらに、先端を接触させ左右方向のずれをなくしてから間隔を5 $\mu$ m程度(試料の大きさにあわせて所望の間隔にする)にする。

【0054】走査電子顕微鏡の試料微動装置によって所望の視野を選び、生物試料の場合次のような微細操作を行う。

【0055】支持軸8のつまみ9とチルト機構5により試料28のどの部分に微細操作を行うか、おおよその位置を決める。

【0056】所定の対象物23をハンドリングする場合は、上述したように第1の指片13と第2の指片14との先端針先を合わせを行い、指片13、14を上記対象物に対して位置決めした後、アクチュエータ34による三つのリンク機構18を制御し、指片13と指片14とに微小な相対運動を生成させる。

【0057】即ち、まず、三つのアクチュエータ34を駆動してリンク機構18の接触部33を押し、ホルダ16を所定量可動させ、指片13と指片14とを対象物に対して把持操作等の微細操作をするが、この微細操作は、歪みゲージから各アクチュエータ34の変位量を検出し、この変位量からサーボ制御回路60が指片13の現位置を算出し、これをフィードバックして所定の位置決め指令値と比較し、その偏差量がなくなるまでアクチュエータ34をサーボ駆動することにより行う。そして、位置決めされた第1の指片13に対し、三つのアクチュエータ34を駆動してリンク機構18を所定量だけ伸縮させ、指片13および指片14とに微小な相対運動を生成させる。

【0058】このようにリンク機構18は広い動作領域内で微小な相対運動を生成して、容易に対象物をハンドリングすることができる。なお、上述した2本指マイクロハンド機構は、真空中、電子線下で数 $\mu$ m程度の微小物体(例えば細胞等)を対象とし2本指でそれぞれ掴ん



(7)

特開2002-187079

11

で、並進、回転移動による位置決め、把持、押付け、切断、引き伸ばし、圧搾、穴明け、かき混ぜ、はね飛ばし等を行うために有効なものである。

【0059】なお、ビエゾ圧電素子34から発生する電界の影響を取り除く方法として、3自由度モジュールを光造形で製作（樹脂製）した場合は、ホルダ16とベース部材24に導電処理して接地するとよく、ワイヤーカットで製作（金属製）した場合は3自由度モジュール11を接地するとよい。

【0060】本実施例によれば、次のような効果を奏する。

①電子顕微鏡のマニピュレータに、3自由度モジュールを使用し、また、各リンク機構18を駆動するビエゾ素子34は、リンク18一つ当たり一つで済むので、リード線（ワイヤーハーネス）27の本数を大幅に削減することができる。

【0061】すなわち、電子顕微鏡用のマニピュレータとして6自由度のものを使用した場合には、アクチュエータ用のビエゾ圧電素子が12個用いるが、本実施形態の3自由度では、ビエゾ抵抗素子34は3個と大幅に削減される。また、図示していないが、マニピュレータのリンク位置変位を検出する歪ゲージは、6自由度の場合には、24個、本実施形態の場合は、6個、また、リード線は、ビエゾ素子1つ当たりにつき2本であり、歪ゲージ1つ当たりにつき3本である。リード線26の数は、6自由度の場合には、電子顕微鏡検出信号線も含めれば100本以上となり、膨大な数となり、これだけの本数のリード線引出し孔を、フランジ71に確保することはスペースの制約から困難である。これに対して、本実施形態の場合には、リード線は、1/4と大幅に減少30  
することができ、それによりフランジ71に、リード線引出し部95を、マニピュレータの位置調整機構5及び針先合わせ操作部72と共に集約的に配置することができ、それにより電子顕微鏡へのマニピュレータの実装を可能にする。特に、フランジ71を利用すれば、試料室のアクセサリ取付用のポートをフランジ取り付け孔96として利用できるので、実装性に優れている。

【0062】また、リード線を大幅に減少させることにより、真空中でリード線の被覆材から出るアウトガスによるコンタミネーションの影響を防ぐことができる。

②上記したように3自由度モジュールによれば、マニピュレータを構成を簡略化し、また、歪ゲージやビエゾ圧電素子も大幅に減少できるので、電子顕微鏡の小型化に貢献することができる。

③著状の2本の指片の先端合わせとして、長さ、間隔の合わせが、粗動操作は光学顕微鏡像で行ない、微細操作は電子顕微鏡像で行なうことができ、その位置調整も容易に行える。

④2本の指片の強度はアクチュエータを支柱とせず、ビエゾ素子の強度に頼らない構造で取り付けられ、剛性が

12

強く振動が伝わりにくいで、高い倍率の観察に適している。

⑤2本の指片13、14の先端合わせのうち、微細位置合わせについては、マニピュレータが試料室2内にあっても、試料室外の操作により可能にするので、大気中に取り出して再度、光学顕微鏡で位置合わせをやり直す必要がなく、マニピュレータを導入しても操作性に優れた電子顕微鏡を実現することができる。

⑥本実施例によれば、光学顕微鏡で行えたことと同じことが、真空中、電子線下でも、電界による影響を受けずに電子線情報を得て微細操作を行うことができる。

⑦更に、電子顕微鏡の持つ高い倍率と高い分解能の特性を生かすことにより、マイクロマニピュレーションの技術がレベルアップされ、マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、医療の分野により貢献することが可能となる。

【0063】本実施例ではマニピュレータ10に3自由度モジュール11を1個使用する構造としたが、第2の指片14側も含め2個使用する構造としても同様の微細操作が行える。また、マニピュレータ10と支持軸8の間にもう1個追加して、すなわち直列に2個接続する構造としてもよく、この場合は動作領域が大きくなることができ、より広い作業空間にある対象物に対して位置決めが可能となる。

【0064】図6、図7には、針先合わせを試料室外から可能にする操作部（螺子回し部材）72の他の態様を示し、図6は、自在継ぎ手90を介して螺子回し部材72を調整ねじ37、37'の結合可能にしたものであり、図7は、フレキシブル部材91を介して螺子回し部材72を調整ねじ37、37'に結合可能にしたものである。このように構成すれば、螺子回し部材72と調整螺子37、37'間に芯ずれが生じても、容易に両者を結合することができる。

【0065】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、電子顕微鏡のような真空中、電子線照射の下でもマニピュレータを用いて支障なく、微小対象物を掴んだり、移動させたり、回転させたり、開放動作を行い、今まで以上の微小物の観察や組立て等を可能にする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る電子顕微鏡の縦断面図で図2のC-C'矢視断面図である。

【図2】図1を矢印A方向からみた一部断面上面図。

【図3】（a）は、上記実施例に用いる2本指マイクロハンド機構（マイクロマニピュレータ）10の構成を示す一部断面上面図、（b）は図3（a）のB方向からみた図。

【図4】本実施例における3自由度モジュール11を見方を変えて示す立体図。

【図5】（a）は、ベース部材15を断面してマニピュ

(8)

特開2002-187079

13

レータ11のベース部材15、リンク機構18、ピエゾ圧電素子34の関係、およびベース部材15と支持軸8の結合関係を示す図、(b)は、ベース部材15を反リンク機構側からみた概略説明図。

【図6】針先合わせを試料室外から可能にする操作部(螺子回し部材)72の他の態様を示す説明図。

【図7】針先合わせを試料室外から可能にする操作部(螺子回し部材)72の他の態様を示す説明図。

【図8】3自由度マニピュレータの基本原理を示す説明図。

【図9】3自由度マニピュレータのリンク機構を示す平\*

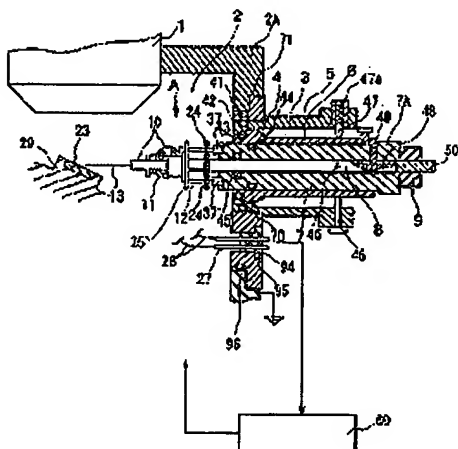
\*面図及び正面図。

【符号の説明】

1…対物レンズ、2…試料室、3…外筒、4…球形部、5…位置調整機構、7…中空軸、8…支持軸、10…マニピュレータ、11…3自由度モジュール、12…針先合わせ機構、13…第1の指片、14…第2の指片、15…ベース部材、17…ホルダ(エンドエフェクタ)、18…リンク機構、27…リード線、34…アクチュエータ(ピエゾ圧電素子)、35…支持軸、37、37'…調整ねじ(押棒)、72…針先合わせ操作部(螺子回し部材)、95…リード線引出し孔。

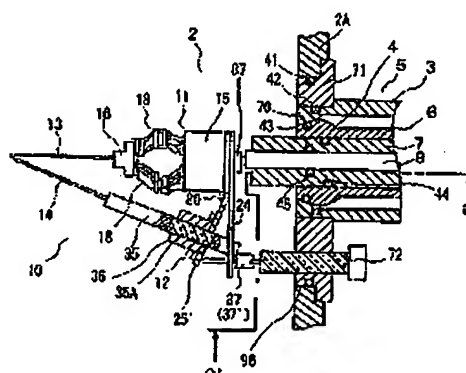
【図1】

図 1



【図2】

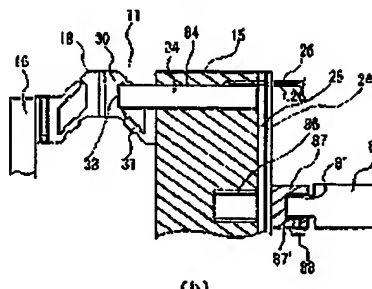
図 2



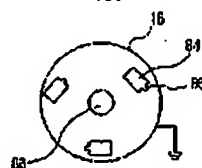
【図5】

図 5

(a)

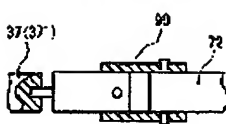


(b)



【図6】

図 6



【図7】

図 7

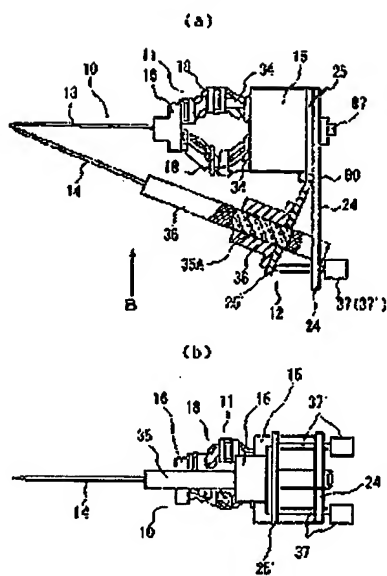


(9)

特開2002-187079

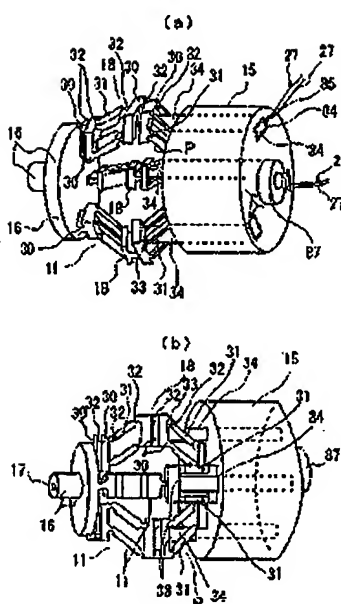
【図3】

図 3



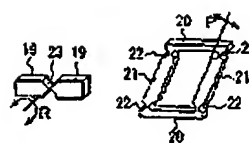
【図4】

図 4



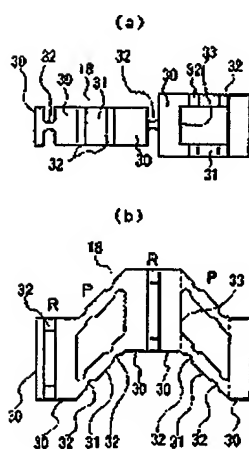
【図8】

図 8



【図9】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 俣穴 基英

茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内

(72)発明者 森田 一弘

茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内

(10)

特開2002-187079

(72)発明者 藤井 和博  
茨城県ひたちなか市大字市毛1040番地 株  
式会社日立サイエンスシステムズ内  
(72)発明者 谷口 佳史  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 小谷内 範穂  
茨城県つくば市並木一丁目2番地 工業技  
術院機械技術研究所内  
(72)発明者 谷川 民生  
茨城県つくば市並木一丁目2番地 工業技  
術院機械技術研究所内

Fターム(参考) 3F050 BA10 FA06 FA07 GA11 GB12  
HA02